

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-191180

(P2002-191180A)

(43) 公開日 平成14年7月5日 (2002.7.5)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード* (参考)

H 0 2 N 1/00

H 0 2 N 1/00

2 C 0 5 7

B 4 1 J 2/045

B 4 1 J 3/04

1 0 3 A

2/055

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-294595 (P2001-294595)

(22) 出願日 平成13年9月26日 (2001.9.26)

(31) 優先権主張番号 09/687, 096

(32) 優先日 平成12年10月16日 (2000.10.16)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 590000798

ゼロックス・コーポレーション

アメリカ合衆国、コネチカット州、スタン
フォード、ロング・リッジ・ロード 800

(72) 発明者 ジョエル エイ クビー

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ロチェ
スター スプリング バリー ドライブ
63

(74) 代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外2名)

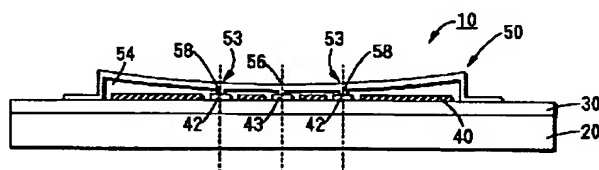
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静電駆動素子の劣化を防ぐ方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 容量性の静電アクチュエータ、特に上述のシリコン素子アクチュエータにつきまとう問題として、超小型電子機械構造 (MEMS) の電極間の接触やアーク放電の結果電極に損傷が生じる点が好ましくない。損傷は数千サイクル経過後に見られる。シリコン薄膜が十分にたわむことにより、接触を防止すべく支持された素子中央部と、同様に反電極から間隔を置いた薄膜の縁との間のある位置で電極間の接触が起こり得る。これらの中間点における接触とそれに続くアーク放電はコンデンサ構造の早期劣化や故障に関係し、アクチュエータの寿命を極度に縮めている。

【解決手段】 薄膜上部の底面に導体を絶縁するための内部構造と、薄膜が過度にたわんで電極同士が接触するのを防止するための外部構造を薄膜上部の底面の薄膜中央部から離れた位置に備えた超小型電子機械式液体排出装置を提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 上部に絶縁層を有する基板と、前記絶縁層に形成された導体と、前記導体に隣接する薄膜と、前記薄膜と前記導体の間に形成されたアクチュエータ・チャンバを含む静電素子であって、前記薄膜は自身に電圧が印加された際に前記導体に向けてたわみ、前記薄膜は(i)薄膜上部と、(ii)前記薄膜を前記導体および前記絶縁層の上方で支える薄膜側面と、(iii)前記薄膜の前記上部が前記導体に接触するのを防止すべく前記薄膜の前記上部に配置された内部突起構造と、(iv)前記薄膜の前記上部が過度にたわむのを防止すべく前記内部突起構造を囲んで前記薄膜の前記上部に配置された外部突起構造を有することを特徴とする静電素子。

【請求項2】 前記内部突起構造および前記外部突起構造は前記導体に配置された対応する受けパッドに接触することを特徴とする、請求項1に記載の静電素子。

【請求項3】 前記外部突起構造に接触する前記受けパッドは電氣的に絶縁されていることを特徴とする、請求項2に記載の静電素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は静電駆動素子に関し、特に静電駆動素子の電氣的な故障を防止すべく、例えばインクジェット印刷、液体ポンピング、および光スイッチング等に用いられるシリコン素材のアクチュエータに関する。

【0002】

【従来の技術】共同出願中の米国特許第09/416,329(D/98191)号、“超小型電気機械式液体排出装置および操作方法”(1999年10月12日出願)を参照しつつ、その開示内容のすべてを本明細書中で引用する。インクジェット印刷において、インク液滴は印刷ヘッド内の複数の液滴排出装置から選択的に排出される。排出装置はデジタル命令に従って動作し、印刷ヘッドを通過移動する印刷媒体上に所望の画像を形成する。印刷ヘッドは、タイプライター式に用紙に相対的に往復移動しても、あるいは単一パスで画像を生成すべく用紙の幅全体にわたって直線状に配置されていてもよい。

【0003】排出装置は通常、ノズルまたは液滴排出開口部、および1個以上の共通インク供給多岐管の両方に接続するアクチュエータを含む。インクは、適切な信号に対するアクチュエータからの応答があるまで各チャンネル内に滞留する。排出装置の一実施の形態において、インク液滴は静電駆動または静磁気駆動式可変形薄膜の体積変位に起因する過渡的圧力により排出される。そのような薄膜は通常、柔軟な電極と固定された対電極を備えたコンデンサ構造であり、2個の電極間のバイアス電圧により駆動される。

【0004】シリコン素材のアクチュエータはまた、ポ

ンピングやスイッチングに使用可能な電気機械素子において利用することができ、そのようなシリコン素材のアクチュエータはそれぞれ、微量液体ポンピングや光スイッチング等に用いることができる。液体は、静電または静磁気可変形薄膜の体積変位によりポンピングされる。そのような薄膜は通常、柔軟な電極と固定された対電極を備えたコンデンサ構造であり、2個のシリコン電極間のバイアス電圧により駆動される。光スイッチングは、他のオンチップ素子あるいは静磁気素子パッケージとの静電または静磁気相互作用による駆動の結果、光素子の変位により起こる。例えば、光スイッチングにおいて変位を生起させるために静電アクチュエータを用いる光素子として鏡を利用することができる。

【0005】これらのシリコン素材アクチュエータ用に可変形薄膜を組み込むコンデンサ構造は、標準的なポリシリコン表面微細加工処理で製造することができる。これは既存のシリコン製造工場設備において低コストでバッチ生産可能である。表面微細加工処理は高集積度の超小型電子技術と整合性があることが明らかになっており、アクチュエータに関連する各種電子技術と一体成型することが可能である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】容量性の静電アクチュエータ、特に上述のシリコン素材アクチュエータにつきまとう問題として、超小型電子機械構造(MEMS)の電極間の接触やアーク放電の結果電極に損傷が生じる点好ましくない。損傷は数千サイクル経過後に見られる。シリコン薄膜が十分にたわむことにより、接触を防止すべく支持された素子中央部と、同様に反電極から間隔を置いた薄膜の縁との間のある位置で電極間の接触が起こり得る。これらの中間点における接触とそれに続くアーク放電はコンデンサ構造の早期劣化や故障に関係し、アクチュエータの寿命を極度に縮めている。

【0007】本発明の目的は、表面積の大きい薄膜が反電極と接触するのを防ぐことにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】絶縁層を備えた半導体基板または絶縁基板、絶縁層上の導体、自身の側面により導体(反電極)の上方に支持された柔軟な薄膜、および薄膜とそれに対向する反電極の間に形成されたアクチュエータ・チャンバを含む静電素子を提供する。電源が反電極と薄膜の間に接続されていて、駆動時に柔軟な薄膜を反電極方向に変位させて薄膜上方のチャンバへの液体の供給を増やすのに十分な電力が生じる。電源が遮断されると、薄膜が平衡位置に戻ることで、可動性薄膜の上方のチャンバ内の液体に加圧する。薄膜と反電極の間に、薄膜がたわみ過ぎて2つの電極が互いに接触するのを防ぐ働きをする構造を追加することにより、素子の駆動時にアーク放電の発生やそれによる損傷が防止される。

【0009】この発明の請求項1に係る静電素子は、上部に絶縁層を有する基板と、前記絶縁層に形成された導体と、前記導体に隣接する薄膜と、前記薄膜と前記導体の間に形成されたアクチュエータ・チャンバとを含む静電素子であって、前記薄膜は自身に電圧が印加された際に前記導体に向けてたわみ、前記薄膜は(i)薄膜上部と、(ii)前記薄膜を前記導体および前記絶縁層の上方で支える薄膜側面と、(iii)前記薄膜の前記上部が前記導体に接触するのを防止すべく前記薄膜の前記上部に配置された内部突起構造と、(iv)前記薄膜の前記上部が過度にたわむのを防止すべく前記内部突起構造を囲んで前記薄膜の前記上部に配置された外部突起構造を有することを特徴とする静電素子である。

【0010】この発明の請求項2に係る静電素子は、前記内部突起構造および前記外部突起構造は前記導体に配置された対応する受けパッドに接触することを特徴とする、請求項1に記載の静電素子である。

【0011】この発明の請求項3に係る静電素子は、前記外部突起構造に接触する前記受けパッドは電氣的に絶縁されていることを特徴とする、請求項2に記載の静電素子である。

【0012】これらを含む本発明の態様を以下の説明で明らかにする。これらの説明を添付図面と合わせて精読することにより本発明の好適な実施の形態が理解されるよう意図している。

【0013】以下、インクジェット印刷ヘッドを題材にして本発明について述べるが、本発明の原理が上述の他の用途に適用可能であることが当業者に理解されよう。

【0014】

【発明の実施の形態】図7によれば、インクジェットプリンタ110において印刷ヘッド111と本発明のアクチュエータ液滴排出装置50の組み合わせにより、インク液滴が印刷ヘッド111内の複数の液滴排出装置50から用紙112上に排出される。排出装置は印刷ヘッド111を通過して移動する印刷媒体上に所望の画像を形成するデジタル命令に従って動作する。印刷ヘッド111は用紙に対してスキニング動作で前後に動いて印刷画像を1スワス(swath)ずつ生成することができる。あるいは、印刷ヘッドは固定的に保持されていて、媒体の方を相対的に動かすことにより、一回の通過で印刷ヘッドと同じ幅の画像を形成することもできる。

【0015】図1〜4を参照するに、液滴排出装置は可変形薄膜50をアクチュエータとして利用する。薄膜は標準ポリシリコン表面微細加工技術を用いて形成でき、そこで放出されるポリシリコン構造は最終的に除去される犠牲層(sacrificial layer)上に堆積する。可変形薄膜50と、可変形薄膜50と対になり固定された電極である反電極40との間の静電力により薄膜が変形する。一実施の形態において薄膜は電圧駆動モードで駆動され、薄膜50を形成する平行プレート導体と反電極4

0の間に一定のバイアス電圧が印加される。これはサイズが一定の液滴を排出する液滴生成装置に有用である。別の動作モードにおいて薄膜は電荷駆動モードで駆動される。ここで平行プレート導体間の電荷は制御されているため、可変液滴サイズ素子を実現できる。電圧駆動方式と電荷駆動方式の2種の異なる動作モードは異なる駆動力を生じるが、用いる電源は同じかまたは異なっている。

【0016】電圧駆動モードにおいて、薄膜・反電極系は平行プレートコンデンサであるとみなされる。静電駆動力は電圧と変位のいずれに対しても非線形である。復元力は薄膜が拡張する(stretch)ことにより与えられ、薄膜は例えば円形薄膜等、複数の形状の一つであってよい。復元力は薄膜の中央部のたわみに関して線型である。ギャップ間隔に関して機械復元力は線型、駆動力は非線形であるため、駆動力が復元力を超えるとき、系は“プルイン”と呼ばれる公知の不安定さを有する。この不安定さは、ギャップをその元の値の2/3に減少させるのに十分な程度電圧が強められた場合に現れる。電圧駆動モードにおいてダイアフラムは、弛緩状態(relaxed)および完全緊張状態(completely pulled-in)の二つの位置の間で駆動させられ、それによりプルイン電圧を超える電圧が加えられたとき、アクチュエータ・チャンバの体積が繰り返し減らされることになる。これは液滴サイズが一定の排出装置には有用である。薄膜位置の解が2つの値を有するため、プルインによる不安定さはヒステリシスをも示す。一つの解は反電極まで引き下ろされた薄膜に対応し、もう一つの解は元のギャップの1/3未満まで引き下ろされた薄膜に対応する。このため、より大きいプルイン電圧により薄膜が引き下ろされた後で安定状態を保持するための電圧を下げるができる。

【0017】電荷駆動モードにおいて、薄膜・反電極系は平行プレートコンデンサであるとみなされる。しかし、コンデンサに制御可能な電荷量が供給される場合、駆動力が生じる。静電駆動力はコンデンサのプレート間のギャップに依存せず、従って電圧駆動モードにおけるプルインの不安定さは回避される。これにより薄膜のたわみをギャップの幅全体にわたり制御することができ、コンデンサプレートが可変的に帯電された場合、アクチュエータ・チャンバの体積は可変的に減少する。これは可変サイズの液滴排出装置にとって有用である。

【0018】電極40との接触を避けるために構造56が薄膜50に取り付けられているため、プルイン電圧の動作は反復可能である。薄膜が反電極に向かって引き下ろされた場合、構造56は電氣的に絶縁された受けパッド(landing pad)43に接触して受け止められ、電極40との接触を回避する。このようにしてダイアフラムと反電極の40の間に絶縁層を挟む必要がない。他のインクジェットプリンタ設計では絶縁層を加えると誘電体

と絶縁材の界面にトラップ電荷が生じて反復動作が不可能になる。外部構造 58 が高感度領域 53 における薄膜のたわみを防ぐため、プルイン電圧は反復可能性が維持される。これにより、薄膜中央における間隔に近いが、または等しい最小電極間隔が規定され、電極間接触を回避して高感度領域 53 におけるアーク放電を防止する。

【0019】薄膜を 300 MV/m の静電場に置いて引き続き薄膜を解放した後の圧力チャンバ内の液体にかかる薄膜圧力により、3.8 atm の圧力が生じる。この圧力は液滴を放出するのに必要な圧力を超える程度の大きさである。薄膜と反電極の間隔が 1 μ m である場合、駆動を生じさせるのに 82.3 ボルトの電圧を印加する必要がある、その結果液体チャンバ内の環境を 0.3 atm 超える圧力が生じる。これは液体の粘性と表面張力に打ち勝って液滴を放出するのに十分である。ギャップ内の静電場は 82.3 MV/m であろう。これは巨視的エアギャップにおけるなだれ破損 (avalanche breakdown) (スパーク) の限度 3 MV/m を超えているが、微視的エアギャップにおける破損の限度よりも低い。間隔が 1 μ m のオーダーの微視的サンプルでは、自由キャリアの平均自由経路はなだれ状態を維持するのに必要な多重衝突 (multiple collisions) を許容する程度に十分長くないため、空気中のなだれ機構は抑圧される。ミクロンサイズの間隔において、最大静電場強度は導体表面上の不規則さによる静電場放射等の他の機構により制限される。

【0020】変位体積は内部構造物 56 と外部構造 58 を有する所与の薄膜領域について減少するであろう。しかし、薄膜 50 の半径をわずかに増やすことにより内部構造 56 と外部構造 58 により減少した変位を補うことができる。このように、間隔が 2 μ m、半径が 155 の μ m の場合、変位体積は 41.9 pL となろう。これは大きさが 2.54 cm (1 インチ) あたり 600 スポットの液滴よりも約 3 倍大きい。変位体積のこの増加により、内部構造 56 と外部構造 58 に付随する変位体積の減少を補償するのに十分なオーバーヘッドが与えられる。

【0021】ここで本発明をより詳細に見るならば、本発明は高感度領域において可変形薄膜の接触を防ぐべく、アクチュエータの中央部と縁部の間の放射状位置 (radial position) において、中央構造に類似した構造を付加する。その結果、薄膜の早期劣化や故障の直接的要因であった電氣的故障とアーク放電が減少する。

【0022】図 1 に、薄膜 50 と導体 40 の間に電圧または電流を印加したことにより弛緩状態の位置から変位した静電駆動ダイアフラム 10 断面図を示す。薄膜 50 の動きは次にアクチュエータ・チャンバ体積を減少させる。アクチュエータ・チャンバ 54 は、いくつかの異なる圧力で密閉されることができるか、あるいは外気に開放されていてアクチュエータ・チャンバ内の空気が逃が

すことができる (通気孔は図示せず)。電荷駆動モードを用いるグレースケール印刷の場合、薄膜を中間位置まで引き下ろすことができる。アクチュエータ・チャンバ内の体積減少により後で上部チャンバとノズルプレートが加えられた際に変位した液体の体積が決定される。基板 20 は通常、シリコンウエハーである。しかし、基板 20 はガラス等の絶縁材であってもよい。絶縁体 30 は通常、窒化シリコンの薄い膜である。導体 40 は反電極の機能を果たし、通常は金属またはポリシリコン等の添加半導体膜である。薄膜 50 がポリシリコン等の構造材料から作られており、通常は表面微細加工処理で製造される。それはまた薄い金属箔等の導体材料であってもよい。内部構造 56 が薄膜 50 の一部に取り付けられていて、静電引力の影響で薄膜が導体に向かって引き下ろされるとき、また電圧あるいは電流が薄膜と導体の間に印加されたときに薄膜を導体から分離する役割を果たす。薄膜 50 と基板 20 の間のアクチュエータ・チャンバ 54 は表面微細加工で用いられているような典型的な技術を用いて形成することができる。次に、化学気相成長 (CVD) により堆積された二酸化シリコン等の犠牲層が薄膜を形成する構造材料により被覆される。後処理エッチングで薄膜と反電極の間の犠牲層を薄膜の縁に残された開口部 (図示せず) から除去することができる。酸化物の典型的な腐食液は濃縮フッ化水素酸である。この処理ステップにおいて内部構造 56 は、液体腐食液毛管力が薄膜を引き下ろす際に、薄膜が基礎表面に貼り付かないようにするために作用する。

【0023】図 2 は、超小型電子機械構造 (MEMS) アクチュエータ 10 の断面図であり、接触とアーク放電の原因となり、その結果損害がアクチュエータの寿命を縮める薄膜 53 のたわみを示す。通常、柔軟な薄膜 50 は薄い。電圧が印加されると薄膜 50 は自身と固定された反電極 40 の間の静電気力により駆動 (引き下ろ) される。薄膜 50 の裏側の内部構造 56 が反電極の電氣的に絶縁している中央部 (受けパッド) 43 にある。薄膜溝 53 のたわみにより薄膜と反電極の間が接触してアーク放電が生じてアクチュエータを損傷させる。薄膜 50 のテストにおいて、電極 40 の損傷は数千サイクル経過後に電極 40 の間の接触とアーク放電により生じた。薄膜 50 が引き下されて薄膜溝 53 がたわみ、2 電極間に極端に高い (>160 ボルト/ミクロン) 電場ギャップまたは物理的接触領域が生じた際に故障とアーク放電が起きる。

【0024】図 3 は、MEMS アクチュエータ 10 と薄膜 50 の断面図であり、本発明に外部構造 58 と絶縁受けパッド 42 を付加して示したものである。外部構造 58 と絶縁された受けパッド 42 の付加により薄膜 50 のたわみが原因で生じる電極接触および/または高静電場領域の発生を防ぐ。薄膜 53 が変形しないようにして、電極間の接触を防止し、電極 40 の間のアーク放電によ

10

20

30

40

50

り生じた薄膜 50 への損傷を防ぐ。さらに、外部構造 58 と絶縁受けパッド 42 は薄膜 50 のずれを制限する。外部構造 58 および絶縁受けパッド 42 は内部構造 56 と絶縁受けパッド 43 に類似している。外部構造 58 および絶縁受けパッド 42 はシリコン表面微細加工処理で製造され、薄膜 50 の裏側の突出部から構成され、対応する受けパッドは反電極 40 内でパターン配置されている。外部構造 58 および絶縁受けパッド 42 は、接触が起こる可能性が高い領域 53 で最小電極 40 間隔を定義すべく機能し、それによりアーク放電とアクチュエータ 10 の故障を防止するのに役立つ。

【0025】図 4 は薄膜 50 と接触パッド 60 を備えた MEMS 液滴排出装置 10 の平面図である。外部構造 58 は内部構造 56 の外側に、薄膜 50 が高感度領域 53 で過度にたわむのを最小限に抑えられる距離だけ内部構造 56 から離れて配置されている。アクチュエータ 10 中央部における間隔に近い等しい最小電極 40 間隔を規定することにより、接触およびその結果生じるアーク放電が防止され、アクチュエータ 10 の寿命が際立って長くなる。外部構造 58 は絶縁受けパッド 42 とともに、その機械的強度のために好適な実施の形態である。

【0026】図 5 は実際の未使用アクチュエータ薄膜 70 の裏側である。下部電極表面には損傷が見られない。

【0027】図 6 は本発明を適用せずに数千サイクル動作した実際のアクチュエータ薄膜 70 の裏側である。アーク放電による損傷 71 が下部電極表面に見られる。

【0028】アクチュエータと完全な液滴排出装置は、本明細書で引用している米国特許第 5,867,302 号、第 5,895,866 号、および第 5,883,532 号に開示された公知の表面微細加工処理を用いて形成できることに留意されたい。

【0029】繰り返すならば、絶縁層または絶縁性基板を備えた半導体基板と、絶縁層（反電極）または絶縁性基板上の導体と、上面と側面を備えた薄膜とを含み、薄膜側面が導体および絶縁層上方の薄膜を支持しているシリコン材のアクチュエータを提供する。薄膜の底面に配置された構造により、駆動の間に薄膜中央部が反電極に接触することが防止される。薄膜上部の底面側の外部構造により薄膜上部がたわんでアクチュエータの中央部から離れた位置で反電極に接触するのを阻止する。薄膜と *

* 絶縁層の間に、ノズルプレートが薄膜を取り巻くようにアクチュエータ・チャンバが形成され、ノズルプレートと薄膜の間に圧力チャンバが形成されて体積変位が生じる。導体と薄膜の間に電源が接続された状態で液体を排出するノズルプレート内にノズルが形成され、薄膜が反電極の方向へたわむように駆動時に十分な電力が電源から供給され、圧力チャンバ内の液体の供給が増える。そして薄膜が解放された際に、液体がノズルから排出される。

【0030】現時点で本発明の好適な実施の形態であるときとみなされる事項について図解、説明を行ってきたが、当業者により多様な変更や修正がなされる可能性が高いことを理解されたい。添付の請求項において、いかなる変更や修正も本発明の概念と範囲内に含まれるように意図されている。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 静電駆動ダイアフラムの内部構造のみの断面図である。

【図 2】 静電駆動ダイアフラムの典型的な変形を示す内部構造のみの断面図である。

【図 3】 静電駆動ダイアフラムの外部構造を加えた断面図である。

【図 4】 静電駆動ダイアフラムの外部構造を加えた平面図である。

【図 5】 損傷を受けていない薄膜の下部電極表面の拡大図である。

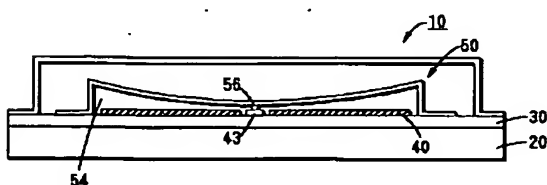
【図 6】 ダイアフラムの外部構造を省略した、薄膜の下部電極表面が受けたアーク放電損傷の拡大図である。

【図 7】 液滴排出式印刷ヘッドを備えたインクジェットプリンタを示す図である。

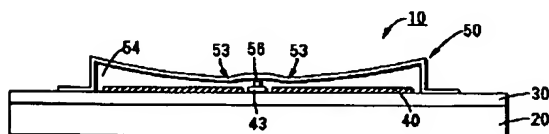
【符号の説明】

10 静電駆動ダイアフラム、超小型電子機械構造 (MEMS) アクチュエータ、20 薄膜、30 絶縁体、40 導体、42 受けパッド、43 受けパッド、50 薄膜、53 薄膜溝、54 アクチュエータ・チャンバ、56 内部構造、58 外部構造、60 接触パッド、70 未使用アクチュエータ薄膜、71 損傷、110 インクジェットプリンタ、111 印刷ヘッド、112 用紙。

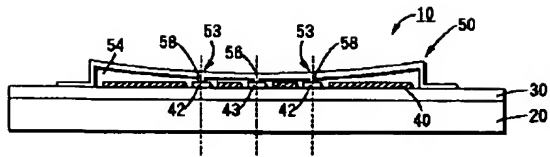
【図 1】



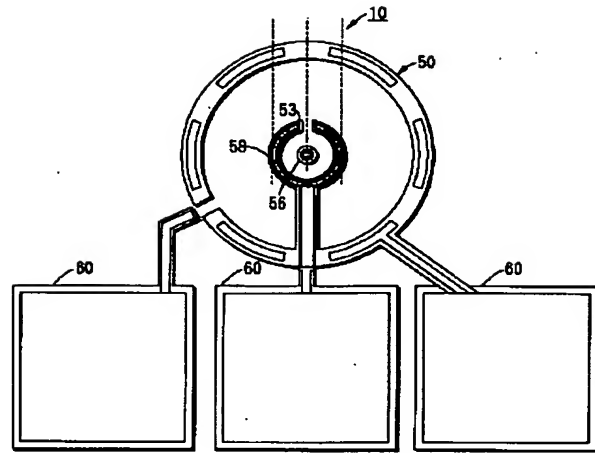
【図 2】



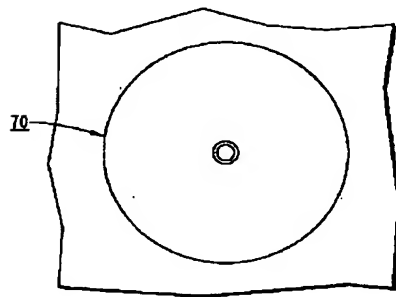
【図3】



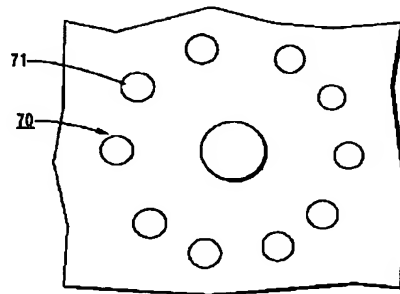
【図4】



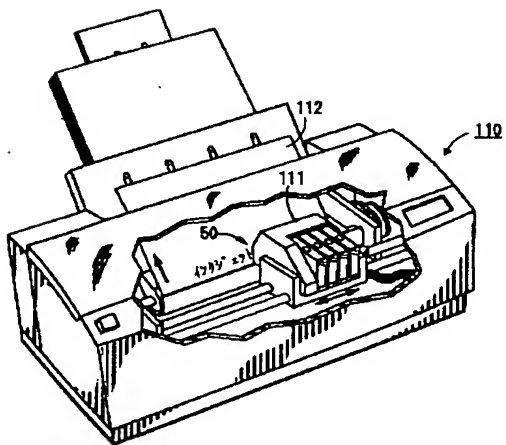
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 エリオット エイ エ克蘭ド
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ペンフ
ィールド ジャクソン ロード イーエッ
クスティー 34

(72)発明者 ピーター エム ガルビン
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ウェブ
スター グリーン パイン レーン 11
Fターム(参考) 2C057 AF65 AG53 AG54 AG55 AG60
AP33 AP53 BA03 BA15



US006467879B1

(12) **United States Patent**
Kubby et al.

(10) **Patent No.:** **US 6,467,879 B1**
(45) **Date of Patent:** **Oct. 22, 2002**

(54) **METHOD AND APPARATUS FOR
PREVENTING DEGRADATION OF
ELECTROSTATICALLY ACTUATED
DEVICES**

(75) **Inventors:** **Joel A. Kubby**, Rochester; **Elliott A.
Eklund**, Penfield; **Peter M. Gulvin**,
Webster, all of NY (US)

(73) **Assignee:** **Xerox Corporation**, Stamford, CT
(US)

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this
patent is extended or adjusted under 35
U.S.C. 154(b) by 0 days.

(21) **Appl. No.:** **09/687,096**

(22) **Filed:** **Oct. 16, 2000**

(51) **Int. Cl.⁷** **B41J 2/04**

(52) **U.S. Cl.** **347/54**

(58) **Field of Search** 347/54, 68, 69,
347/70, 71, 72, 50, 40; 399/261; 361/700;
29/890.1; 310/328-330

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

5,617,632 A	4/1997	Saaski et al.	
5,771,321 A	6/1998	Stern	
5,867,302 A	2/1999	Fleming	
5,883,532 A	3/1999	Bowers	
5,895,866 A	4/1999	Neukermans et al.	
6,127,198 A	10/2000	Coleman et al.	
6,234,607 B1 *	5/2001	Sakai et al.	347/54

* cited by examiner

Primary Examiner—Raquel Yvette Gordon

(74) **Attorney, Agent, or Firm**—Lloyd F. Bean, II

(57) **ABSTRACT**

A micro-electromechanical fluid ejector having an inner structure on the bottom of the top of the membrane for isolating the conductor, and an outer structure, away from the center of the membrane, on the bottom of the top of the membrane to stop excessive flexing of the membrane leading to inter-electrode contact.

11 Claims, 4 Drawing Sheets

